

Kinerja *Fly Ash* terhadap Stabilisasi Tanah Lunak sebagai Material Perbaikan Tanah Dasar (*Subgrade*)

Nanda Dwi Wahyuni ¹⁾

Andius D. Putra ²⁾

Aminudin Syah ³⁾

Iswan ⁴⁾

Abstract

Subgrade has an important role in road construction work planning. However, a problem may appear because the soil which is used as the subgrade material has low quality, such as soft soil. One of the parameters to know the quality of the soil is by CBR testing and Atterberg Limit to know the index properties of soil that affect the quality. It is necessary to improve the subgrade soil through stabilization to produce construction materials based on standards by using additives in the form of fly ash. In this study, some variations of fly ash as a stabilization material are 0%, 5%, 10%, and 15% with curing time of 0 days, 7 days, and 14 days at room temperature.

The results showed CBR value increased along with the increase in fly ash percentage as well as the length of curing time. The optimum CBR is 23.89% which is occurred in the addition of 15% fly ash with a 14-day curing time of at room temperature. The addition of fly ash percentage also affects the plasticity index of soils that have decreased from native soil by 28.19% to 9.02% in the addition of 15% fly ash.

Key words : fly ash, soil stabilization, soft soil, CBR

Abstrak

Tanah dasar memiliki peranan penting dalam perencanaan pekerjaan konstruksi jalan. Namun, pada perencanaannya terkadang menjadi permasalahan, karena tanah yang digunakan sebagai material tanah dasar memiliki daya dukung rendah, seperti tanah lunak. Salah satu parameter untuk mengetahui daya dukung tanah yaitu dengan pengujian CBR dan batas konsistensi untuk mengetahui sifat fisis tanah yang mempengaruhi daya dukung tersebut. Sehingga perlu dilakukan perbaikan tanah dasar melalui stabilisasi untuk menghasilkan material konstruksi yang memenuhi standar konstruksi jalan yaitu dengan bahan aditif berupa *fly ash*. Pada penelitian ini *fly ash* sebagai bahan stabilisasi menggunakan variasi 0%, 5%, 10%, dan 15% dengan waktu pemeraman 0 hari, 7 hari, dan 14 hari di suhu ruang.

Hasil penelitian menunjukkan nilai CBR meningkat seiring penambahan persentase *fly ash* serta lamanya pemeraman. Peningkatan nilai CBR optimum terjadi pada penambahan 15% *fly ash* dengan waktu pemeraman 14 hari sebesar 23,89% di suhu ruang. Penambahan persentase *fly ash* juga mempengaruhi sifat plastis tanah yang mengalami penurunan dari tanah asli sebesar 28,19% menjadi 9,02% pada penambahan 15% *fly ash*.

Kata kunci : *fly ash*, stabilisasi tanah, tanah lunak, CBR

¹⁾ Mahasiswa S1 pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.
Surel: nanda.dwi1028@students.unila.ac.id

²⁾ Dosen pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro No.1 . Gedung Meneng Bandar Lampung. 35145.

³⁾ Dosen pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro No. 1. Gedung Meneng Bandar Lampung. 35145.

⁴⁾ Dosen pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro No. 1. Gedung Meneng Bandar Lampung. 35145.

I. PENDAHULUAN

Tanah memiliki peranan yang sangat penting dan tidak akan lepas kaitannya dalam pembangunan infrastruktur. Hal ini disebabkan tanah merupakan dasar dari suatu konstruksi bangunan yang berfungsi menerima dan menahan beban struktur di atasnya. Pada perencanaan pekerjaan konstruksi jalan sering terjadi permasalahan yang disebabkan karena rendahnya daya dukung tanah, salah satu jenis tanah yang memiliki kinerja cukup rendah adalah jenis tanah lunak sehingga berakibat pada kerusakan badan jalan secara menerus. Tanah lunak akan mengembang jika basah dan menyusut ketika kering (Gyanen *et al.*, 2014). Oleh karena itu sifat-sifat tanah jenis ini kurang menguntungkan bagi bangunan infrastruktur (Hatmoko and Suryadharma, 2018).

Upaya yang dilakukan untuk mengatasi hal tersebut yaitu dengan cara perbaikan tanah dasar (*subgrade*) melalui stabilisasi tanah untuk menghasilkan material konstruksi yang memenuhi standar konstruksi jalan (Huri *et al.*, 2013). Stabilisasi dapat dilakukan secara kimia dengan memanfaatkan limbah batu bara yaitu abu terbang (*fly ash*). Pada material konstruksi jalan *fly ash* dimanfaatkan sebagai *filler* untuk mengisi rongga pada agregat sehingga meningkatkan kekakuan pada aspal (Wardani, 2008). Penggunaan *fly ash* sebagai *stabilizer* dapat meningkatkan kepadatan tanah, karena *fly ash* dapat mengikat partikel tanah menjadi lebih rapat.

Oleh karena itu dalam penelitian ini berusaha untuk memperbaiki kualitas sifat fisis dan mekanis tanah lunak dengan mengetahui pengaruh penambahan *fly ash* terhadap nilai CBR (*California Bearing Ratio*) dengan kondisi suhu ruang, agar dapat memenuhi kriteria sebagai tanah dasar (*subgrade*) untuk konstruksi jalan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Umum

Penelitian Sulistyowati (2006) yaitu stabilisasi dilakukan menggunakan kadar *fly ash* yang bervariasi, dengan persentase efektif untuk stabilisasi yaitu *fly ash* dengan kadar 15% dan lama pemeraman selama 7 – 14 hari. Hasil pengujian dengan persentase efektif tersebut berpengaruh baik terhadap nilai daya dukung tanah, yaitu meningkatkan nilai CBR tanah dan menurunkan plastisitasnya. Apabila persentase *fly ash* yang ditambahkan kurang dari itu maka nilai CBR akan menurun.

Tobing *et al* (2014) melakukan penelitian serupa dengan menambahkan *fly ash* yang digunakan sebagai bahan stabilisasi selama waktu *curing* 0, 7, 14, dan 28 hari. Dengan melakukan *curing* pada campuran tanah lempung ekspansif dengan kadar optimum 15% *fly ash*, dan waktu yang dinyatakan cukup untuk *curing* adalah 14 hari. Hal ini didasari karena nilai CBR meningkat secara signifikan dan nilai *swelling* berkurang secara signifikan pada waktu *curing* 14 hari dibandingkan dengan saat waktu *curing* 28 hari yang nilainya tidak jauh berbeda dengan hasil *curing* saat 14 hari.

Penelitian stabilisasi tanah dengan *fly ash* terhadap parameter kekuatan geser c dan ϕ dilakukan oleh Hasan (2012). Sampel dipadatkan dengan kepadatan kering maksimum pada kadar air optim, lalu dimasukkan ke dalam kantong nilon tertutup rapat dan dibiarkan pada suhu ruang dari (15C° sampai 25C°). Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kohesi meningkat dengan meningkatnya jumlah *fly ash* yang ditambahkan

dalam campuran tanah menjadi 15% *fly ash*, kemudian menurun pada penambahan kadar *fly ash* 20%. Efek waktu pemeraman pada kohesi meningkat hingga 14 hari.

2.2. Tanah Dasar

Tanah dasar (*subgrade*) adalah tanah dasar di bagian paling bawah lapis perkerasan yang berfungsi untuk mendukung konstruksi perkerasan jalan di atasnya. Tanah dasar yang baik untuk pekerjaan konstruksi jalan yaitu yang telah dipadatkan mencapai tingkat kepadatan tertentu sehingga memiliki daya dukung yang baik dan dapat mempertahankan perubahan volume tanah (Hardiyatmo, 2010).

2.3. Klasifikasi Tanah

Das (1995) menyatakan, sistem klasifikasi tanah merupakan suatu pengelompokan yang sistematis dari jenis-jenis tanah yang memiliki sifat-sifat yang sama ke dalam kelompok dan sub kelompok. Terdapat dua sistem klasifikasi tanah yang digunakan secara umum di Indonesia yaitu sistem klasifikasi tanah *AASHTO* (*American Association of State Highway and Transportation Officials Classification*) dan *USCS* (*Unified Soil Classification Sistem*).

2.3. Tanah Lunak

Tanah lunak kurang menguntungkan dijadikan sebagai tanah dasar karena sifat yang dimilikinya banyak dipengaruhi oleh air. Semakin tinggi kadar air maka daya dukung tanah semakin rendah. Tanah lunak memiliki sifat-sifat antara lain : kadar air tinggi, gaya geser kecil, kemampatan besar, permeabilitas dan kompresibilitas tinggi. Tanah lempung merupakan tanah lunak yang memiliki daya dukung tanah rendah, sebagian besar butirannya terdiri dari ukuran mikrokopis sampai dengan sub mikrokopis, mengembang jika basah dan menyusut jika kering. Pada kadar air lebih tinggi lempung bersifat lengket (kohesif) dan sangat lunak.

2.5. CBR (*California Bearing Ratio*)

Daya dukung tanah dasar (*subgrade*) pada perencanaan perkerasan lentur dinyatakan dengan nilai CBR (*California Bearing Ratio*). Semakin tinggi nilai CBR, menunjukkan kondisi tanah dasar semakin baik. CBR didefinisikan sebagai suatu perbandingan antara beban percobaan (*test load*) dengan beban standar (*standard load*) dan dinyatakan dalam persentase. Berikut kriteria CBR untuk tanah dasar, pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria CBR untuk Tanah Dasar (*Subgrade*)

Section	Material	CBR (%)
<i>Subgrade</i>	Sangat Baik	20-30
	Baik	10-20
	Sedang	5-10
	Buruk	>5

Sumber: Barnas, 2014

2.4. Stabilisasi Tanah

Stabilisasi tanah yaitu usaha untuk meningkatkan stabilitas dan kapasitas daya dukung tanah, dengan menambahkan atau memodifikasi struktur lapisan tanah. Tujuan dari stabilisasi tanah yaitu untuk mengikat dan menyatukan agregat material yang ada sehingga membentuk tanah yang padat.

Stabilisasi tanah dapat dilakukan dengan metode, yaitu:

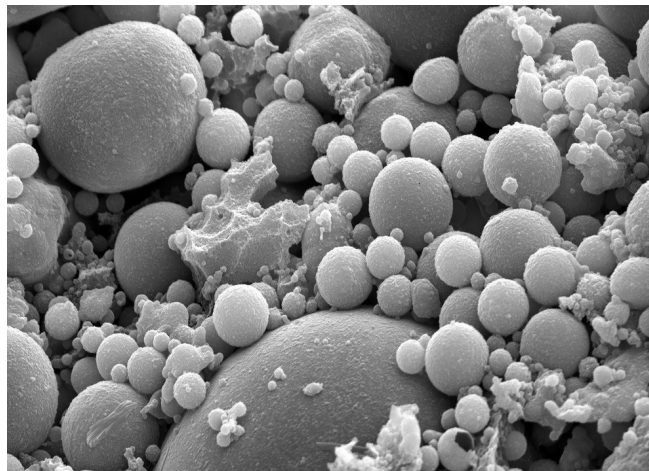
- Stabilisasi mekanis adalah penambahan kekuatan atau daya dukung tanah untuk mendapatkan gradasi tanah yang baik (*well graded*). Stabilisasi mekanis dilakukan untuk meningkatkan kepadatan tanah yang ada (*natural soil*) dengan menambah dan mencampur tanah dengan jenis tanah lain dengan pemadatan.
- Stabilisasi kimia adalah penambahan atau pencampuran bahan stabilisasi yang dapat mengubah sifat-sifat kurang menguntungkan dari tanah. Bahan yang digunakan untuk stabilisasi tanah disebut *stabilizing agent*.

2.5. Fly Ash

Berdasarkan SNI 03-6414 (2002) mendefinisikan *fly ash* atau abu terbang adalah limbah hasil pembakaran batu bara pada tungku pembangkit listrik tenaga uap yang berbentuk halus, bundar, dan bersifat *pozzolanic*. Sifat *pozzolanic* yang dimaksud karena *fly ash* mengandung bahan *pozzolan* yaitu kimia silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), ferrum (Fe_2O_3), dan kalsium oksida (CaO). Pada Gambar 1 menunjukkan bentuk partikel *fly ash* dengan pengujian *Scanning Electron Microscop* (SEM). Semakin kecil partikel *fly ash* maka bentuknya semakin bulat (*spherical*) dibandingkan dengan partikel yang besar.

Menurut ASTM C-618 *fly ash* terbagi menjadi dua kelas, yaitu :

- Fly ash* kelas F yang dihasilkan dari pembakaran batu bara *anthracite* dan *bituminous*, dengan kadar kapur yg rendah ($\text{CaO} < 10\%$). Memiliki sifat *pozzolan* dan untuk mendapatkan sifat *cementitious* perlu diberi penambahan kapur atau semen.
- Fly ash* kelas C yang dihasilkan dari pembakaran batu bara *lignite* atau *sub-bituminous*, dengan kandungan kapur ($\text{CaO} > 10\%$). Selain memiliki sifat *pozzolan* juga memiliki sifat *self cementing* yaitu kemampuan untuk mengeras apabila bereaksi dengan air.



Gambar 1. Bentuk partikel *fly ash* dengan skala pembesaran 2000x.

2.6. Stabilisasi Tanah dengan *Fly Ash*

Stabilisasi tanah secara kimia yang saat ini banyak digunakan untuk memperbaiki tanah dasar (*subgrade*) yaitu stabilisasi dengan penambahan *fly ash*. Jika *fly ash* dicampur dengan tanah akan terjadi proses lekatan sementasi (*self cementing*) akibat pengaruh *pozzolan* atau sifat pengerasan alami *fly ash* karena kondisi pemadatan dan air. Kecepatan reaksi *pozzolan* tidak hanya bergantung pada waktu tetapi juga dipengaruhi oleh bahan-bahan yang bereaksi dan juga temperaturnya. Hasil campuran tanah, *fly ash*, dan air ini menghasilkan tanah yang memiliki sifat atau karakteristik teknis yang lebih baik dibandingkan sebelumnya (Brooks, 2009). Keunggulan penambahan *fly ash* sebagai bahan stabilisasi karena nilai ekonomis yang tinggi dibanding bahan lainnya.

III. METODE PENELITIAN

3.1. Bahan Penelitian

Pengambilan sampel tanah pada penelitian ini berasal dari Desa Marga Kaya, Kecamatan Jati Agung, Kabupaten Lampung Selatan berupa jenis tanah berbutir halus. *Fly ash* yang digunakan sebagai bahan stabilisasi berasal dari limbah batu bara PT Pindo Deli *Pulp & Paper Mills* 3 di Desa Tamanmekar, Kecamatan Pangkalan, Kabupaten Karawang, Jawa Barat.

3.2. Pengumpulan Data

Penelitian dimulai dari melakukan studi pustaka tentang pengujian tanah lunak yang distabilisasi dengan *fly ash*. Pengumpulan data yang dilakukan menjadikan bahan pertimbangan dalam penelitian ini yaitu stabilisasi tanah dengan penambahan *fly ash* terhadap nilai CBR sebagai parameter menentukan daya dukung tanah.

3.3. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini terdiri dari 4 tahap yaitu :

a. Uji Sifat Fisis Tanah

Pengujian sifat fisis tanah dilakukan terhadap tanah asli, meliputi : kadar air, *specific gravity*, batas-batas konsistensi (*atterberg limit*), dan distribusi ukuran butiran.

b. Pencampuran *Fly Ash*

Sampel tanah yang digunakan lolos saringan no. 200 dan dicampur dengan variasi kadar *fly ash* 0%, 5%, 10%, dan 15% dari berat kering tanah, lalu pengujian pemadatan (*standard proctor*). Tanah campuran dengan penambahan *fly ash* ini dilakukan pengujian sifat fisis berupa uji batas-batas konsistensi tanah.

c. Uji Pemadatan Standar

Sampel tanah yang telah tercampur dengan *fly ash* diaduk hingga merata, lalu pengujian pemadatan (*standard proctor*). Selanjutnya, sampel dilakukan pemeraman dengan variasi waktu 0 hari, 7 hari, dan 14 hari di suhu ruang (pengecekan suhu secara berkala) ditunjukkan pada Gambar 2.

d. Uji CBR (*California Bearing Ratio*)

Pengujian CBR pada sampel setelah dilakukan pemeraman.



Gambar 2. Pemeraman sampel dengan kondisi suhu ruang.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Sampel Tanah Asli

Tabel 2. Hasil Pengujian Sifat Fisis Tanah Asli

No	Pengujian	Hasil
1	Kadar Air (<i>w</i>)	23,63%
2	<i>Specific Gravity</i> (<i>G_s</i>)	2,60%
3	Batas-batas Konsistensi:	
	a. Batas Cair (<i>LL</i>)	53,04%
	b. Batas Plastis (<i>PL</i>)	24,85%
	c. Indeks Plastisitas (<i>PI</i>)	28,19%
4	Analisa Saringan:	
	Lolos Saringan No. 200	72,15%
5	Klasifikasi Tanah	
	<i>AASHTO</i>	A-7-6
	<i>USCS</i>	CH

Berdasarkan hasil pengujian sifat fisis tanah asli yang ditunjukkan pada Tabel 2, klasifikasi tanah untuk sampel tanah yang digunakan dalam penelitian ini termasuk jenis tanah lempung dengan tingkat plastisitas tinggi.

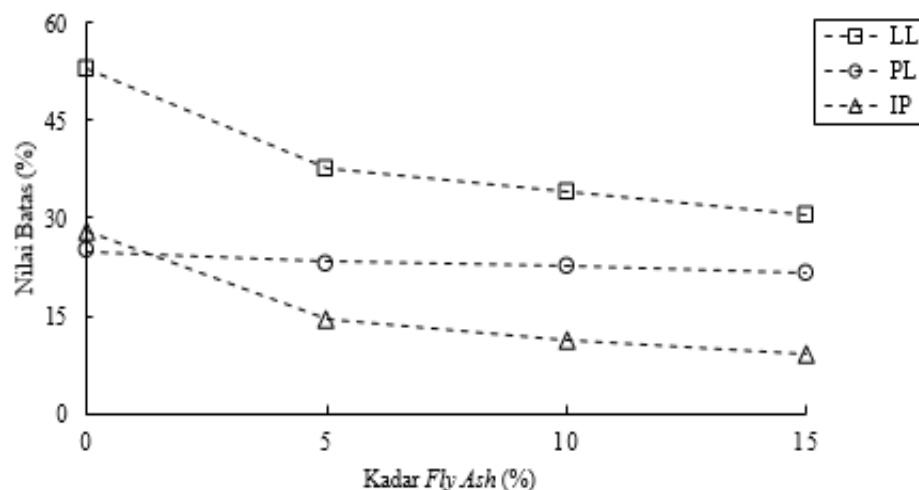
4.2. Sifat Fisis Tanah dengan Penambahan Kadar *Fly Ash*

Untuk mengetahui pengaruh *fly ash* terhadap tanah lunak dilakukan pengujian batas-batas konsistensi tanah. Untuk mengetahui batas-batas konsistensi tanah dapat diketahui dengan uji batas cair (*LL*) dan uji batas plastis (*PL*) ditunjukkan oleh grafik tertera pada Gambar 3. Berdasarkan hasil uji batas cair (*LL*), mengalami penurunan seiring bertambahnya kadar *fly ash* pada tanah. Hal ini disebabkan karena tanah mengalami proses sementasi oleh *fly ash* sehingga tanah menjadi butiran yang lebih besar menyebabkan gaya tarik menarik antar partikel dalam tanah menjadi turun.

Pengujian batas plastis (*PL*) cenderung menurun secara konstan saat penambahan *fly ash* yang mempengaruhi sifat plastis tanah. Penurunan nilai batas cair (*LL*) mempengaruhi nilai indeks plastisitas (*PI*) yang menurun secara signifikan saat penambahan *fly ash*. Hal ini menunjukkan bahwa semakin meningkatnya penambahan kadar *fly ash* yang dicampur dengan tanah lunak, maka tanah campuran tersebut cenderung semakin baik karena berkurangnya sifat plastisitas tanah. Hasil pengujian batas-batas konsistensi tanah campuran tanah dengan kadar *fly ash* tercantum pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Batas-Batas Konsistensi dengan Penambahan *Fly Ash*

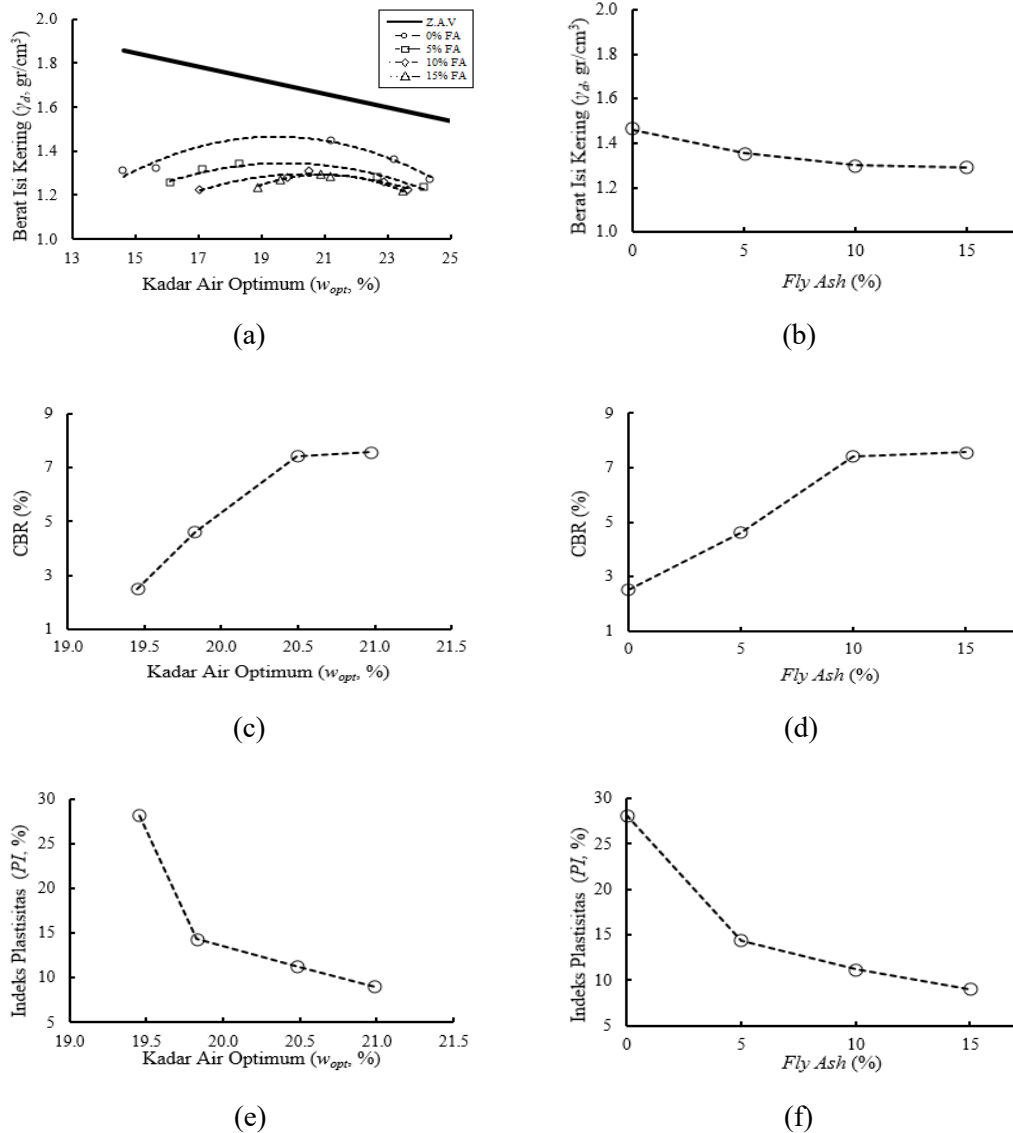
	<i>LL</i> (%)	<i>PL</i> (%)	<i>PI</i> (%)
Tanah Asli	53,04	24,85	28,19
Tanah + 5% <i>Fly Ash</i>	37,68	23,28	14,40
Tanah + 10% <i>Fly Ash</i>	33,95	22,77	11,18
Tanah + 15% <i>Fly Ash</i>	30,51	21,49	9,02



Gambar 3. Hubungan antara batas-batas konsistensi dengan variasi kadar *fly ash*.

4.3. Sifat Mekanis Tanah Campuran Fly Ash dengan Kondisi Suhu Ruangan

4.3.1. Tanpa Pemeraman 0 Hari



Gambar 4. Hubungan sifat mekanis tanah campuran fly ash tanpa pemeraman 0 hari dengan kondisi suhu ruang.

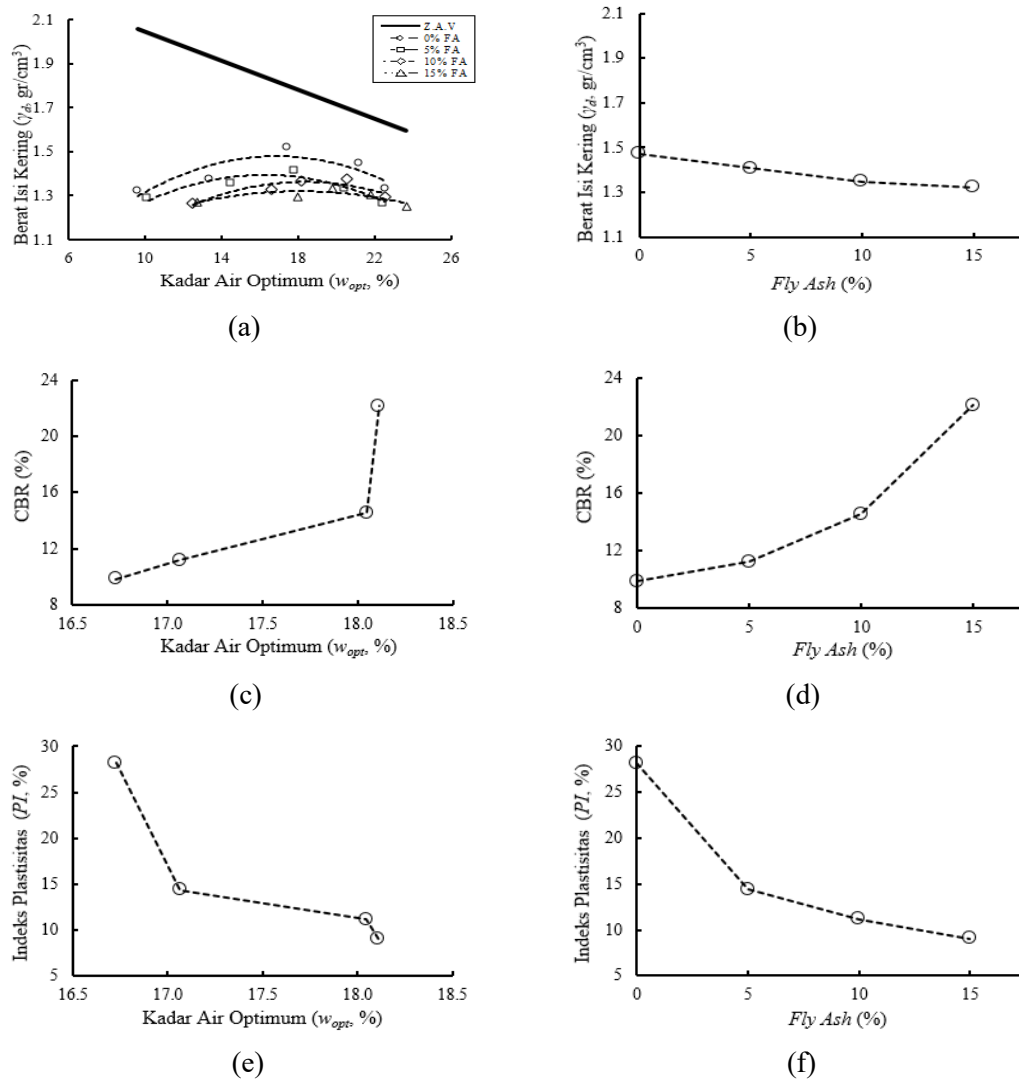
Pada penelitian tanpa pemeraman 0 hari, Gambar 4(a) menunjukkan bahwa berat isi kering maksimum (γ_{dmax}) mengalami penurunan dan kadar air optimum (w_{opt}) meningkat dengan penambahan variasi kadar fly ash pada Gambar 4(b). Penurunan berat isi kering ini terjadi karena bertambahnya air yang masuk ke dalam pori-pori tanah sehingga nilai kadar air bertambah atau meningkat. Berat isi kering tanah tanpa campuran lebih besar dari pada tanah dengan campuran fly ash, hal ini dikarenakan perubahan gradasi tanah.

Gambar 4(c) menjelaskan bahwa nilai CBR meningkat seiring meningkatnya kadar air optimum (w_{opt}) karena penambahan kadar fly ash Gambar 4(d) dengan kondisi suhu

ruang. Hal ini dikarenakan adanya reaksi *pozzolanic* sehingga daya ikat antar butiran-butiran tanah meningkat menjadi lebih keras dan kaku.

Kondisi kadar air optimum (w_{opt}) pada Gambar 4(e) menurunkan nilai indeks plastisitas (PI) tanah seiring bertambahnya *fly ash* pada Gambar 4(f). Penurunan plastisitas tanah dikaitkan dengan proses pertukaran Ca^{+} antara tanah dengan *fly ash*.

4.3.2. Waktu Pemeraman 7 Hari



Gambar 5. Hubungan sifat mekanis tanah campuran *fly ash* pada waktu pemeraman 7 hari dengan kondisi suhu ruang.

Grafik di atas merupakan hasil pengujian campuran tanah dengan *fly ash* dengan kondisi suhu ruang saat pemeraman 7 hari. Pada Gambar 5(a) menunjukkan kadar air optimum (w_{opt}) meningkat berdasarkan *fly ash* dan menurun berdasarkan waktu pemeraman.

Sedangkan pada Gambar 5(b) menunjukkan berat isi kering maksimum (γ_{dmax}) menurun berdasarkan *fly ash* dan meningkat berdasarkan waktu pemeraman. Ini mencerminkan bahwa tingginya penyerapan air oleh *fly ash* dan dipengaruhi durasi waktu pemeraman, sehingga kepadatannya semakin meningkat karena kehilangan kandungan air.

Peningkatan nilai CBR tertera pada Gambar 5(c) dan 5(d) terjadi secara signifikan pada suhu ruang dengan waktu pemeraman 7 hari. Campuran *fly ash* pada kondisi air optimum terjadi peningkatan kekuatan tanah pada tiap-tiap komposisi campuran. Hal ini menunjukkan bahwa terbukti pemeraman dan suhu berpengaruh terhadap kenaikan nilai CBR tanah.

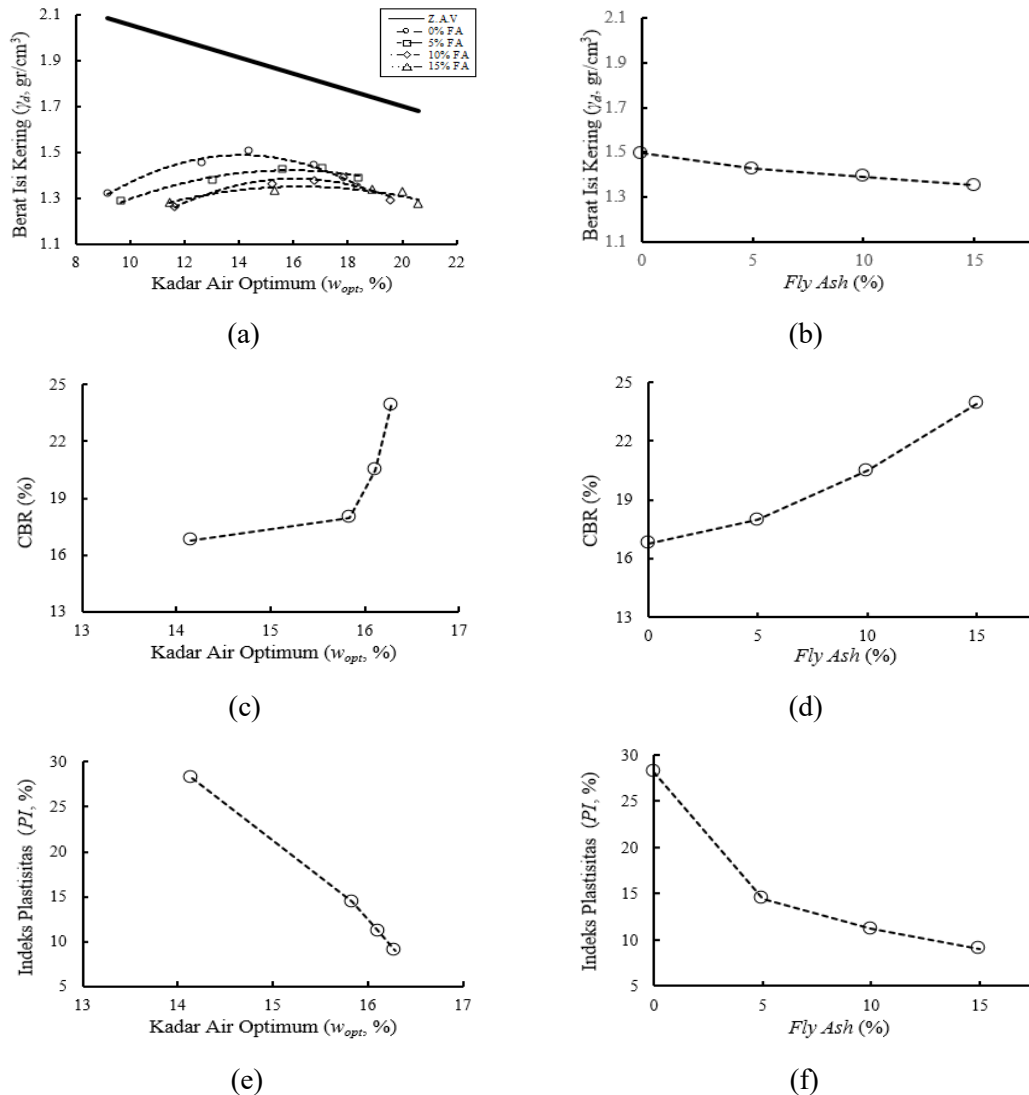
Kondisi kadar air optimum (w_{opt}) ditunjukkan pada Gambar 5(e) menurunkan nilai indeks plastisitas (PI) tanah terhadap kadar *fly ash* ditunjukkan pada Gambar 5(f), sama halnya yang telah dijelaskan sebelumnya pada pengujian tanpa pemeraman 0 hari.

4.3.3. Waktu Pemeraman 14 Hari

Gambar 6(a) dan Gambar 6(b) menunjukkan bahwa berat isi kering berpengaruh terhadap nilai kadar air tanah, yang nantinya akan berdampak pada nilai CBR tanah, hal ini juga dipengaruhi karena penambahan kadar *fly ash* pada tanah. Semakin besar berat isi kering tanah, maka akan mengakibatkan naiknya nilai CBR tanah, dan berkurangnya persentase kadar air tanah. Hasil uji pemadatan mencerminkan tingginya penyerapan air oleh *fly ash*. Ini bisa bermanfaat karena dapat menurunkan upaya pemadatan yang diperlukan di lokasi.

Gambar 6(c) dan Gambar 6(d) menunjukkan penambahan campuran *fly ash* ke dalam tanah lunak meningkatkan nilai CBR sehingga daya dukung tanah meningkat. Nilai CBR terbesar yaitu pada penambahan kadar optimum 15% *fly ash* dengan waktu pemeraman 14 hari pada kondisi suhu ruang sebesar 23,89%. Bahwa dengan lama waktu pemeraman berpengaruh pada tingkat kepadatan sehingga rongga-rongga udara pada tanah sudah tidak terisi air. Penelitian ini juga membuktikan bahwa kecepatan reaksi *pozzolan* yang dimiliki *fly ash* dipengaruhi oleh waktu dan juga temperaturnya. *Fly ash* juga memiliki peran yang besar sebagai bahan stabilisasi apabila dicampurkan dengan air maka akan terjadi sementasi yang mampu mengikat tanah sehingga nilai daya dukung tanah meningkat.

Hasil penelitian nilai indeks plastisitas yang ditunjukkan pada Gambar 6(e) dan Gambar 6(f) didapat bahwa nilai plastisitas campuran tanah dan kadar optimum *fly ash* sebesar 9,02%. Peningkatan penambahan kadar *fly ash* yang dicampur dengan tanah lunak, menyebabkan tanah cenderung semakin baik karena berkurangnya sifat plastisitas tanah. Pada penelitian ini menunjukkan tanah yang distabilisasi dengan *fly ash*, maka tanah campuran tersebut dapat dijadikan sebagai tanah dasar (*subgrade*) konstruksi jalan.



Gambar 6. Hubungan sifat mekanis tanah campuran *fly ash* pada waktu pemeraman 14 hari dengan kondisi suhu ruang.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, disimpulkan sebagai berikut:

1. Sampel tanah tersebut berdasarkan klasifikasi *AASHTO* termasuk dalam kelompok A-7-6 dan berdasarkan *USCS* diklasifikasikan dalam golongan *CH*, yaitu jenis tanah lempung yang memiliki tingkat plastisitas tinggi.
2. Campuran tanah dengan penambahan *fly ash* berpengaruh positif terhadap sifat fisis tanah, hasil pengujian batas-batas konsistensi mengalami penurunan nilai indeks plastisitas (*PI*) tanah.
3. Penambahan variasi kadar *fly ash* menyebabkan kadar air meningkat dan berat isi kering menurun, sedangkan lamanya waktu pemeraman menyebabkan kadar air menurun dan berat isi kering meningkat.
4. Nilai CBR semakin meningkat dengan peningkatan kadar *fly ash* dan lamanya pemeraman pada kondisi suhu ruang. Nilai CBR terbesar yaitu pada kadar optimum

fly ash 15% dengan waktu pemeraman 14 hari sebesar 23,89%.

5. *Fly ash* dapat bekerja baik sebagai bahan campuran perbaikan tanah dasar, karena dapat mengikat tanah sehingga nilai daya dukung tanah meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

- Barnas, E. and Karopeboka, B., 2014. Penelitian Kekuatan Tanah Metode CBR (California Bearing Ratio) di SPBG Bogor 1 Bubulak Jl KH R Abdullah bin Nuh. *Jurnal KaLIBRASI-Karya Lintas Ilmu Bidang Rekayasa Arsitektur, Sipil, Industri.*, 9.
- Brooks, R.M., 2009. Soil Stabilization With Fly Ash and Rice Husk Ash. *International Journal of Research and Reviews in Applied Sciences*, 1 (3), 2076–734.
- Das, B.M., 1995. *Mekanika Tanah 1 (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jilid 1. Jakarta: Erlangga.
- Gyanen, T., Savitha, A., and Gudi, K., 2014. Laboratory Study on Soil Stabilization Using Fly Ash and Rice Husk Ash. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 03 (11), 348–351.
- Hardiyatmo, H.C., 2010. *Stabilisasi Tanah Untuk Perkerasan Jalan*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Hasan, H.A., 2012. Effect of Fly Ash on Geotechnical Properties of Expansive Soil. *Journal of Engineering and Development*, 16 (2), 306–316.
- Hatmoko, J.T. and Suryadharma, H., 2018. Pengaruh Temperatur Pemeraman Pada Perilaku Geser Tanah Lempung Yang Distabilisasi Dengan Semen. *Cantilever*, 7 (2), 39–46.
- Huri, A.D., Prabandianti, K., and Hardiyati, S., 2013. Stabilisasi Tanah Dengan Fly Ash Dan Semen Untuk Badan Jalan PLTU Asam-Asam. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 2 (1), 82–89.
- Sulistyowati, T., 2006. Pengaruh Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif Dengan Fly Ash Terhadap Nilai Daya Dukung CBR. *Jurnal Spektrum Sipil*, 2 (1).
- Tobing, B.C.L., Suroso, and Zaika, Y., 2014. Pengaruh Lama Waktu Curing Terhadap Nilai CBR Dan Swelling Pada Tanah Lempung Ekspansif Dengan Campuran 15% Fly Ash. *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil*, 1 (2), 1–10.
- Wardani, S.P.R., 2008. Pemanfaatan Limbah Batu Bara (Fly Ash) Untuk Stabilitas Tanah Maupun Keperluan Teknik Sipil Lainnya Dalam Mengurangi Pencemaran Lingkungan. In: *Pengukuhan Guru Besar Fakultas Teknik Universitas Diponogoro*. 1–71.